

Aus der II. Medizinischen Klinik der
Johannes Gutenberg-Universität Mainz

VERLAUFSBEURTEILUNG KONTROLLIERT BEATMETER PATIENTEN
EINER INTERNEN INTENSIVSTATION ANHAND FORTLAUFENDER
MESSUNG DER TOTALEN COMPLIANCE

Inauguraldissertation
zur Erlangung des Doktorgrades der Medizin
der Johannes Gutenberg-Universität Mainz
dem Fachbereich Medizin vorgelegt

von Susanne Siegfried
aus Frankfurt am Main

Mainz, 1984



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41554411_0012

Aus der II. Medizinischen Klinik der
Johannes Gutenberg-Universität Mainz

VERLAUFSBEURTEILUNG KONTROLLIERT BEATMETER PATIENTEN
EINER INTERNEN INTENSIVSTATION ANHAND FORTLAUFENDER
MESSUNG DER TOTALEN COMPLIANCE

Inauguraldissertation
zur Erlangung des Doktorgrades der Medizin
der Johannes Gutenberg-Universität Mainz
dem Fachbereich Medizin vorgelegt

von Susanne Siegfried
aus Frankfurt am Main

Mainz, 1984

Dekan: Professor Dr. Dr. W. Ketterl
1. Gutachter: Professor Dr. H.-P. Schuster
2. Gutachter: Professor Dr. W. Dick

Tag der Promotion: 14. 11. 84

Werner Euler gewidmet, der mir bei
dem Entschluß zum Medizinstudium
und während meiner weiteren Aus-
bildung immer wieder entscheidenden
Zuspruch gab.

I N H A L T S V E R Z E I C H N I S

<u>1. EINLEITUNG</u>	1
<u>2. METHODIK</u>	6
2.1. Übersicht.....	6
2.2. Methodik der Beatmung und Überwachung.....	6
2.3. Gruppenzuordnung.....	7
2.4. Arbeit und Funktion des Lung Mechanic Calculator LMC 940.....	8
2.5. Datengewinnung.....	11
2.6. Statistische Methoden.....	12
<u>3. ERGEBNISSE</u>	13
3.1. Gruppenzuordnung in Hinsicht auf die Letalität.....	13
3.2. Gruppenzuordnung nach Grundleiden.....	19
3.3. Gruppenzuordnung in Hinsicht auf den Compliance-Bereich.....	25
<u>4. INTERPRETATION UND DISKUSSION</u>	36
4.1. Letalität.....	36
4.2. Grundleiden.....	37
4.3. Compliance.....	39
<u>5. SCHLUSSFOLGERUNGEN</u>	42
<u>6. LITERATURVERZEICHNIS</u>	43
<u>7. ANHANG</u>	

1. EINLEITUNG

Eine gefürchtete Komplikation nach schweren Traumen, Intoxikationen, Operationen und ausgedehnten Gewebnekrosen bei primär lungengesunden Patienten stellt das akute Lungenversagen als eine Sonderform der akuten respiratorischen Insuffizienz dar, das in seinem klinischen und pathophysiologischen Ablauf dem Bild der sogenannten "Schocklunge" entspricht (18,20). Es zeigte sich jedoch, daß dieses Syndrom auch ohne klinisch manifesten Schock nach ganz unterschiedlichen Noxen und Krankheiten auftritt und trotz dieser Polyätiologie ein uniformes Bild in Klinik und Pathophysiologie bietet, so daß sich seit einigen Jahren mit den Bezeichnungen als "Adult Respiratory Distress Syndrome" (ARDS) oder "Acute lung Failure" (ALF) umfassende Überbegriffe für dieses Krankheitsbild etabliert haben (3,5, 17,28).

Es kommt dabei zu spezifischen Veränderungen des Lungengewebes, die entscheidend die Atemmechanik beeinflussen. Eine Schädigung der Lungenkapillarwand mit Inaktivierung des surfactant factors (15,16) führt zu einem massiven interstitiellen Ödem mit Atelektasenbildung, wodurch Luftgehalt und Elastizität der Lunge erheblich vermindert werden. Weiterhin verursacht das gestörte Ventilations-/Perfusionsverhältnis eine Zunahme des Shuntvolumens, der Totraumventilation und des pulmonalen

Gefäßwiderstandes (14,30). Diese Mechanismen ergeben klinisch beim Patienten zunächst eine Erhöhung der Atemfrequenz, eine durch alveoläre Hyperventilation bedingte Erniedrigung des PaCO_2 und herabgesetzte Werte für die funktionelle Residualkapazität, die Vitalkapazität und die Lungen-Compliance. Im weiteren Verlauf kommt es zunehmend zu dem Bild der respiratorischen Insuffizienz mit massiver Dyspnoe, hochgradiger Hypoxämie sowie respiratorischer und metabolischer Azidose (5,19,28).

Um diesen dramatischen Ablauf zu unterbrechen und eine Besserung der Lungenfunktion zu erreichen, ist es notwendig, die pathologische Alveolarmechanik therapeutisch zu normalisieren, wobei hierzu bisher die maschinelle Beatmung als zentrale Maßnahme eingesetzt wird. Allerdings ergaben sich bei der rein volumengesteuerten Beatmung Probleme durch die hohen inspiratorischen Drucke, die zur Vermeidung von Atelektasen und interstitiellem Ödem erforderlich waren. Es zeigte sich, daß diese Hyperventilation eine weitere Reduktion des surfactant factors zur Folge hatte, und ein verstärkter Alveolenkollaps am Ende jeder Expiration mit nachfolgender Bildung von alveolären Atelektasen und interstitiellem Ödem dadurch sogar noch gefördert wurde (13,16). Diese für das ARDS typische Störung der Surfactantfunktion mit verstärkter Kollapsneigung der Alveolen, findet ihr

lungenfunktionelles Äquivalent in einem charakteristischen Abfall von Residualvolumen und Compliance (6,7), der in Tierexperimenten durch Beatmung mit positiv endexpiratorischem Druck (PEEP) erfolgreich verhindert werden konnte (1,12,29). Auch klinische Studien erwiesen, daß durch eine Vergrößerung der funktionellen Residualkapazität mit Hilfe von PEEP eine Zunahme der Compliance und eine verbesserte Sauerstoffaufnahme erreicht werden konnten, und eine Senkung der inspiratorischen Sauerstoffkonzentration und des inspiratorischen Druckes ermöglicht wurde (2,10,11,22,26). Weiterhin ergab sich bei Patienten, die frühzeitig mit PEEP beatmet wurden, eine bessere Prognose als für Patienten, bei denen erst die klinische Manifestation des ARDS in Form von verschlechterten Blutgasverhältnissen als Kriterium für die Beatmung mit PEEP angenommen wurde (4,21,27). Dies mag dadurch erklärt sein, daß die vergrößerte alveolo-arterielle Sauerstoffdifferenz erst dann erkennbar wird, wenn die pulmonalen Kompensationsversuche einen ausreichenden Sauerstofftransport nicht mehr garantieren. Die Einschränkung der Lungenfunktion ist bereits vorher durch einen Abfall von Vitalkapazität und Compliance sowie durch einen Anstieg der Atemfrequenz zu erkennen.

Da die Compliance ein Maß für die elastische Dehnbarkeit des gesamten Atmungsapparates darstellt und definiert ist als die Änderung des

Lungenvolumens ΔV , die bei einer Änderung des für die Dehnung maßgebenden Druckes auftritt ($C = \frac{\Delta V}{\Delta P}$ ml/cm H₂O), gibt sie frühzeitig Auskunft über die durch den surfactant-Verlust erhöhte Oberflächenspannung der Alveolen und spiegelt den dadurch vergrößerten Retraktionsdruck der Lunge wider (15). Suter et al. benutzten daher die Compliance als Kriterium zur Bestimmung des "best PEEP", der die optimalen Werte für Sauerstofftransport, shunt-Volumen, Herzminutenvolumen und Totraumquotient liefert (23), da festgestellt wurde, daß eine Steigerung des PEEP auf höhere Werte eine Überdehnung der Alveolen und erneut einen Abfall von Compliance, PaO₂ und Herzminutenvolumen sowie einen Anstieg des Totraumquotienten zur Folge hatte (9,24). Dagegen konnten im Bereich des "best PEEP" die hämodynamischen Nebenwirkungen durch Volumenssubstitution und Katecholamin-gabe gut beherrscht werden (8).

Es bietet sich also mit Hilfe der Compliance die Möglichkeit, zusätzlich zu den anderen Parametern der Standardintensivüberwachung während Langzeitbeatmung, frühzeitig zuverlässige Informationen über Veränderungen der Lungenfunktion zu bekommen und therapeutisch darauf zu reagieren.

Zielsetzung dieser Arbeit soll sein, den Stellenwert einer kontinuierlichen elektronisch-apparativen Compliance-Messung beim gemischten Krankengut einer internen Intensivtherapiestation

zu ermitteln und in Vergleich zu setzen mit den bisher üblichen Kontrollgrößen der Atemmechanik bei der Überwachung beatmeter Patienten.

Die zugrunde gelegte Annahme lautet, daß die apparativ-elektronisch am Respirator gemessenen Compliancewerte für die Verlaufsbeurteilung der Lungenerkrankung ausreichend zuverlässig sind, daß sie mit dem Verlauf besser korrelieren als andere Meßparameter, und daß daher eine therapeutische Intervention aufgrund der so ermittelten Compliancedaten mit dem Ziel einer Normalisierung der Werte gerechtfertigt ist.

2. METHODIK

2.1. Übersicht

Untersucht wurden alle Patienten der Jahrgänge 1980 - 1982, die wegen einer akuten respiratorischen Insuffizienz (ARI) bei schweren Intoxikationen, Pankreatitis, Traumen und Operationen, Pneumonie und Herz-Kreislauf-Versagen maschinell beatmet wurden und bei denen die Beatmungsdauer mindestens 72 Stunden betrug.

2.2. Methodik der Beatmung und Überwachung

Alle Patienten wurden im Rahmen der Standardintensivüberwachung und Intensivtherapie beobachtet. Sie waren überwiegend oro-tracheal mit Portex-Tuben der Größe 7 intubiert. Da das Gerät zur Messung der Compliance (Lung Mechanic Calculator 940) nur an den volumenzeit-gesteuerten Respirator Servo-Ventilator 900/900 B angeschlossen werden kann, wurden alle hier erfaßten Patienten mit diesem Gerät beatmet. Täglich wurden Thoraxübersichtsaufnahmen im Bett angefertigt, und es erfolgte eine genaue Tag-zu-Tag-Bilanzierung des Elektrolyt- und Flüssigkeitshaushaltes. Antibiotika wurden - soweit erforderlich - entsprechend der gewonnenen Antibiotogramme therapeutisch eingesetzt.

War eine Beatmung mit PEEP notwendig, so wurde dieser zumeist frühzeitig, d.h. unmittelbar nach der Intubation, eingesetzt. Bei allen

Patienten wurde während der Gesamtdauer der Beatmung die Compliance von Atemzug zu Atemzug gemessen und in Zeitabständen von 4-12 Stunden abgelesen und dokumentiert.

Der zentrale Venendruck wurde bei allen Patienten in regelmäßigen Abständen von 4 Stunden gemessen; Blutgase und Säure/Basen-Status im arteriellen Blut wurden bei Aufnahme und im weiteren Verlauf in 4-12 stündlichen Intervallen kontrolliert. Stündlich abgelesen und dokumentiert wurden Atemfrequenz, Atemminutenvolumen, endinspiratorischer Druck (EIP) und endexpiratorischer Druck (EEP) sowie die inspiratorische Sauerstoffkonzentration (FiO_2).

2.3. Gruppenzuordnung

Die Patienten wurden hinsichtlich 3 verschiedener Kriterien in unterschiedliche Gruppen eingeteilt. Als Kriterien galten die Letalität, die Grundleiden, die zu der respiratorischen Insuffizienz führten, und ein empirisch festgesetzter Grenzwert der Compliance bei 45 ml/cm H_2O .

Um bei der Zuordnung entsprechend dem Compliance-Grenzwert Schwankungen durch Lagerung, zu große Atemzugvolumina der Patienten oder eventuelle Ablesefehler von echten Änderungen der Compliance zu unterscheiden, wurde als Kriterium gewählt, daß mindestens zwei aufeinanderfolgende Werte

über bzw. unter der Grenzlinie liegen müssen, um die Zuordnung zur jeweiligen Gruppe zu rechtfertigen.

2.4. Arbeit und Funktion des Lung Mechanic

Calculator (LMC) 940 (Fa.Siemens-Elema Sweden)

Der LMC 940 stellt eine zusätzliche Einheit zum Respirator Servo-Ventilator 900/900 B dar (Abb.1). Er benutzt die Informationen des Respirators, um sechs verschiedene Lungenfunktionsparameter für jeden Atemzug zu berechnen (Abb.2).

1. Peak Pressure: zeigt den höchsten endinspiratorischen Druck in den Luftwegen an.
2. Pause Pressure: mißt den endinspiratorischen Druck in den Alveolen.
3. Insp. Resistance: mißt den Atemwegswiderstand am Ende der Inspiration.
4. Exp. Resistance: mißt den Atemwegswiderstand am Beginn der Expiration.
5. Compliance: entspricht der totalen Compliance von Lunge und Thorax.
6. End exp. Lung pressure: mißt den endexpiratorischen Druck in den Alveolen.

Die Compliance wird dabei nach folgender Formel berechnet:
$$C = \frac{\text{exp. tidal volume}}{\text{Pause Pressure} - \text{end exp. Lung Pr.}}$$
 Der Normwert für die Compliance beträgt beim Erwachsenen etwa 70 ml/cm H₂O.

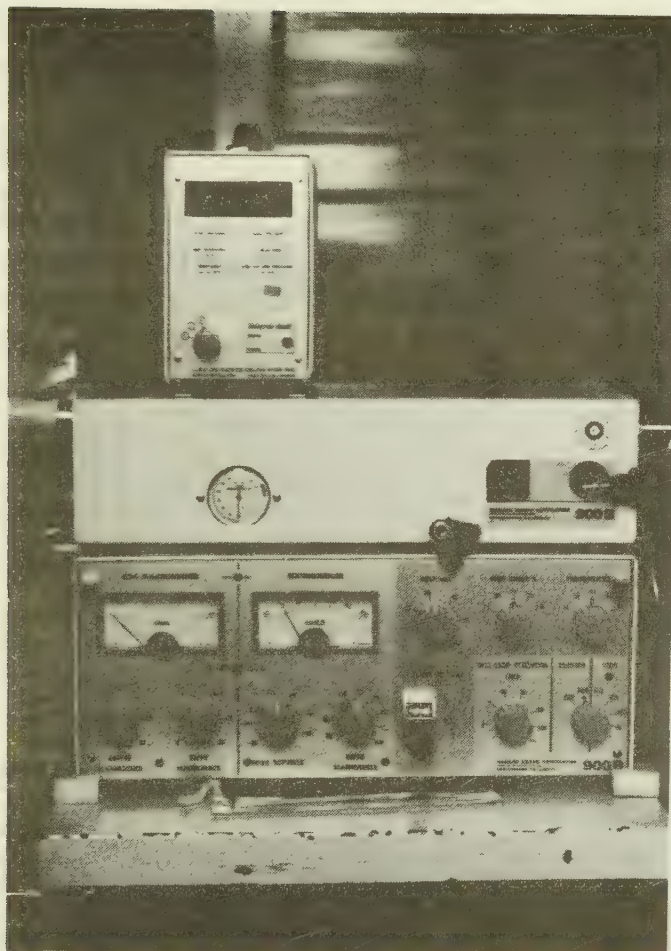


Abb.1 Lung Mechanic Calculator (LMC) 940
(Fa.Siemens-Elema Sweden) angeschlossen
an Servo-Ventilator 900 B.

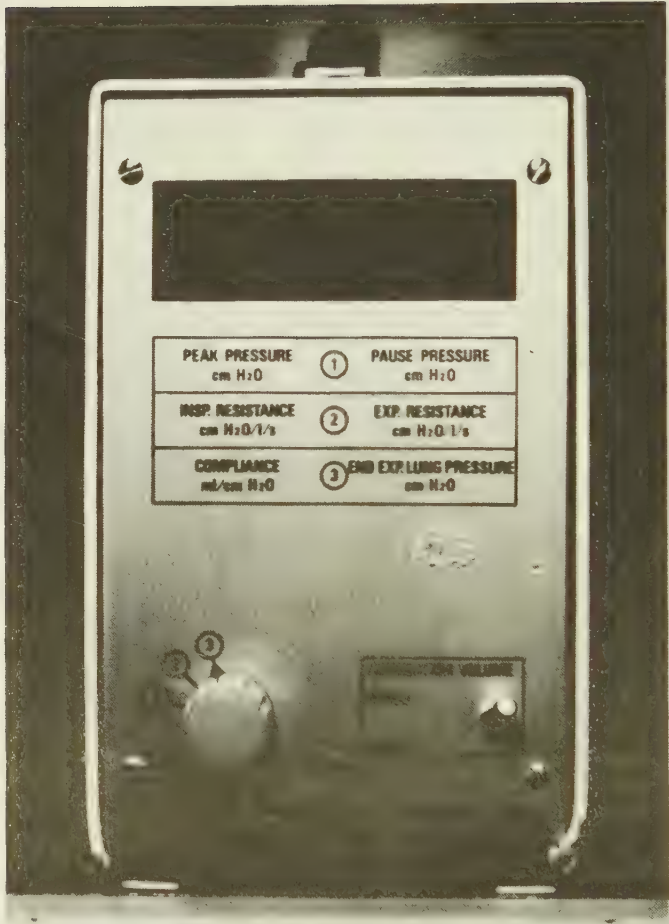


Abb.2 Frontplatte des LMC 940 mit den sechs errechenbaren Lungenfunktionsparametern.

Um korrekte Angaben über diese Lungenfunktionsparameter zu erhalten, ist es notwendig, daß der Patient die kontrollierte Beatmung toleriert. Jegliche Gegenarbeit führt zu falschen Werten, da die Grundinformationen zur Berechnung aus dem Respirator gezogen werden. Auch braucht es eine Zeit von einigen Atemzügen, bis sich die Berechnungen des LMC 940 nach Änderung der am Respirator eingestellten Beatmungsparameter auf diese neuen Werte stabilisieren. Dadurch ergeben sich teilweise recht große Schwankungen einzelner Werte in den Verlaufskurven der Compliance, da dieser Wert bei jedem Atemzug neu berechnet und digital angezeigt wird und das Gerät somit empfindlich auf jede Beeinflussung reagiert. Zur Ablesung wird deshalb ein Mittelwert der über einen längeren Zeitraum beobachteten Einzelwerte gebildet und notiert.

2.5. Datengewinnung

Folgende Daten wurden aus den Kurvenblättern zu jedem Zeitpunkt, an dem auch die Compliance notiert war (4-12 stündlich), entnommen: Atemfrequenz, Atemminutenvolumen, endinspiratorischer und endexpiratorischer Druck, die inspiratorische Sauerstoffkonzentration, der zentrale Venendruck, die Compliance und der Blutdruck. Weiterhin wurden die Blutgase sowie Säure/Basen-Status erfaßt, die Ergebnisse der radiologischen Untersuchungen und die Bilanzierung des Flüssigkeitshaushaltes.

2.6. Statistische Methoden

Als statistische Methoden wurden die Boxplot-Methode zur explorativen Datenanalyse mittels Medianwerte nach John W. Tukey (25) und der Chi-Quadrat-Test angewendet.

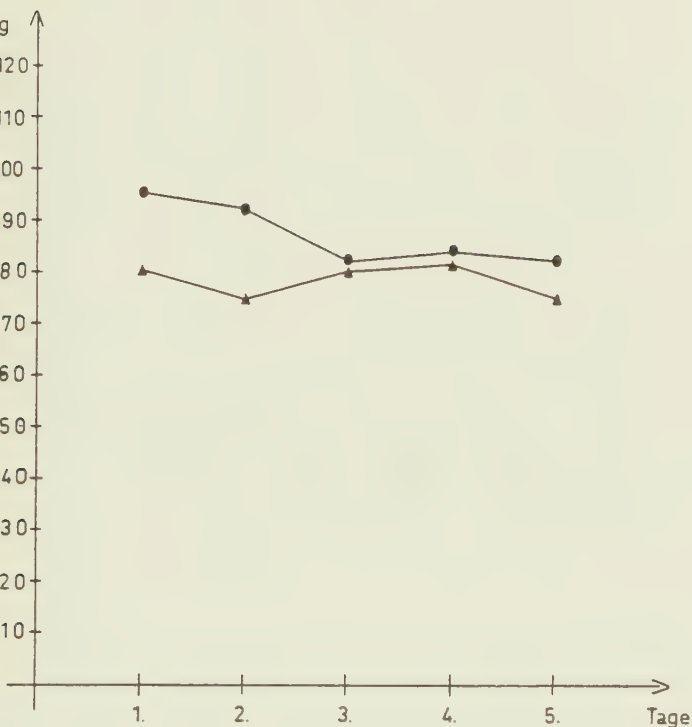
3. ERGEBNISSE

3.1. Gruppenzuordnung in Hinsicht auf die Letalität

Insgesamt 64 Patienten erfüllten die in der Methodik genannten Auswahlkriterien. Zwei der 64 erfassten Patienten erwiesen sich als nicht verwertbar für die weitere Auswertung, da sie die Beatmung nicht tolerierten und durch Gegenarbeit falsche Compliance-Daten lieferten. Von den 62 untersuchten Patienten entfielen 29 (47%) auf Gruppe I (verstorbene) und 33 (53%) auf Gruppe II (überlebende). Der graphische Vergleich dieser beiden Gruppen ist bezüglich der Blutgaspartialdrücke PaO_2 (Abb.3) und PaCO_2 (Abb.4) sowie der Compliance (Abb.5) dargestellt. Dabei wurden für jeden Patiententag aus den insgesamt pro Tag registrierten Werten der interpolierte Tageswert gebildet, und innerhalb jeder Gruppe für jeden Tag der Medianwert der interpolierten Tageswerte mit oberer und unterer Quartile aufgetragen. Es ergab sich eine deutlich sichtbare Trennung lediglich bei der Compliance, während PaO_2 und PaCO_2 überwiegend im Normbereich blieben und eine Trennung der beiden Gruppen für PaO_2 nur in den beiden ersten Tagen, für PaCO_2 zu keinem Zeitpunkt erkennbar war.

Die Medianwerte der C_{tot} lagen bei den Verstorbenen für den gesamten Untersuchungszeitraum bei 45 ml/cm H_2O oder darunter.

Als weitere Darstellungsform zur Überprüfung des Verhaltens der C_{tot} bei Überlebenden und verstorbenen Patienten wurden in Abb.6 für 10 aus jeder Gruppe zufällig ausgewählten Patienten die individuellen 8-stündlichen Werte aufgetragen. Es ergibt sich auch hierbei, daß eine Grenzlinie bei 45 ml/cm H_2O die Masse der Werte der Überlebenden von der Masse der Werte der Verstorbenen trennt.



Medianwerte der interpolierten Tageswerte des PaO_2 aller Patienten, aufgeteilt in 2 Gruppen hinsichtlich der Letalität.

Gruppe I (▲) = Verstorbene
Gruppe II (●) = Überlebende

Gruppe	1.Tag	2.Tag	3.Tag	4.Tag	5.Tag
I (▲) n= 29	80,6 ^{+ 9,0} _{-10,2}	75,0 ^{+14,2} _{- 8,9}	80,5 ^{+ 7,9} _{-10,1}	82,0 ^{+12,2} _{- 6,5}	75,6 ^{+ 9,9} _{- 8,5}
II (●) n= 33	95,8 ^{+20,0} _{-17,3}	92,8 ^{+10,9} _{-11,7}	82,5 ^{+ 9,4} _{- 7,7}	84,3 ^{+ 5,7} _{- 7,6}	82,9 ^{+12,9} _{- 9,7}

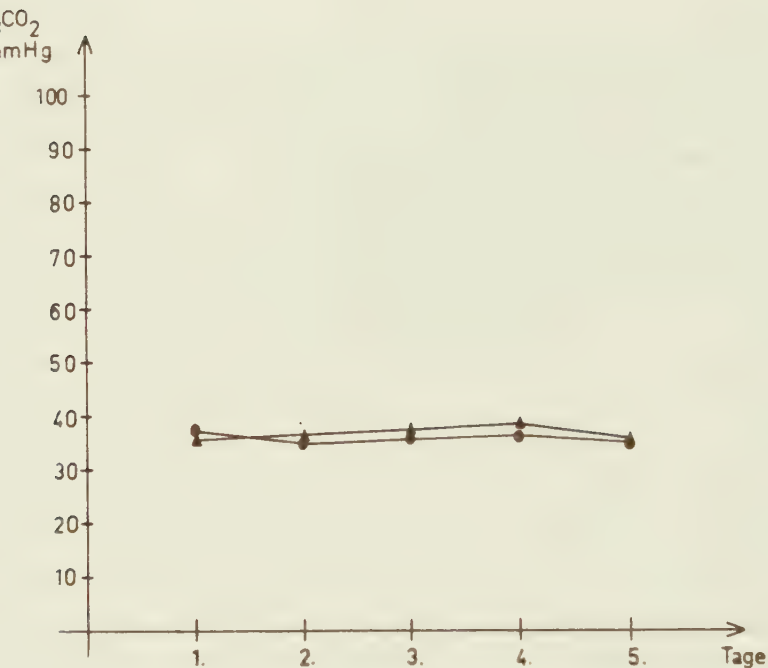


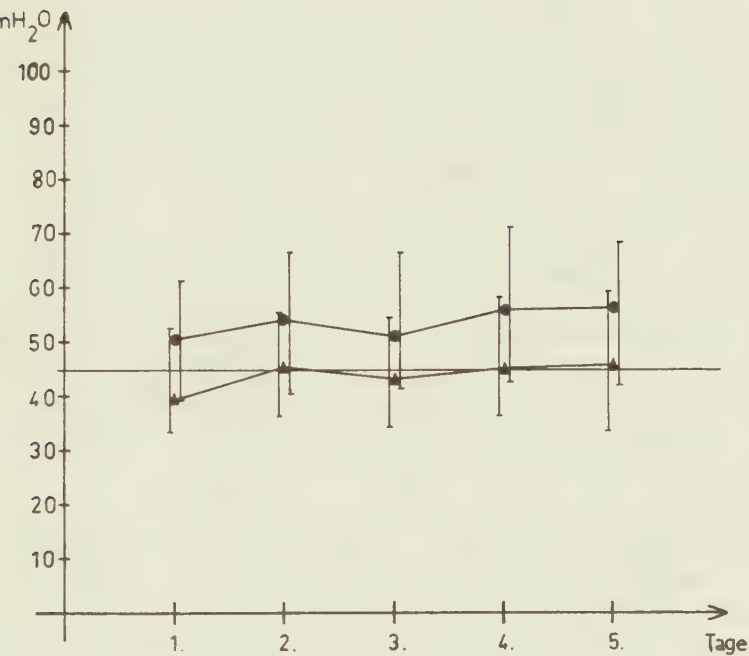
Abb. 4 Medianwerte der interpolierten Tageswerte des PaCO₂ aller Patienten, aufgeteilt in 2 Gruppen hinsichtlich der Letalität.

Gruppe I (▲) = Verstorbene

Gruppe II (●) = Überlebende

Gruppe	1.Tag	2.Tag	3.Tag	4.Tag	5.Tag
I (▲) n= 29	35,5 ⁺ 3,0 - 2,4	36,4 ⁺ 3,3 - 1,8	37,2 ⁺ 4,7 - 2,2	38,3 ⁺ 5,6 - 3,7	36,9 ⁺ 4,1 - 1,8
II (●) n= 33	36,9 ⁺ 5,0 - 2,6	35,2 ⁺ 1,9 - 1,8	35,6 ⁺ 1,0 - 0,6	36,4 ⁺ 2,5 - 1,4	36,0 ⁺ 2,1 - 1,0

L.



0.5 Medianwerte der interpolierten Tageswerte der Compliance aller Patienten, aufgeteilt in 2 Gruppen hinsichtlich der Letalität.

Gruppe I (▲) = Verstorbene

Gruppe II (●) = Überlebende

Gruppe	1.Tag	2.Tag	3.Tag	4.Tag	5.Tag
I (▲)n= 29	39,5 ^{+13,0} _{- 6,4}	45,6 ^{+ 9,7} _{- 9,5}	43,5 ^{+11,1} _{- 9,4}	45,6 ^{+12,5} _{- 9,3}	46,2 ^{+13,3} _{-12,4}
II (●)n= 33	50,6 ^{+10,5} _{-11,5}	54,2 ^{+12,6} _{-13,8}	51,2 ^{+15,6} _{- 9,8}	56,2 ^{+14,9} _{-13,4}	56,6 ^{+12,0} _{-14,6}

COMPLIANCE
ml/cm H₂O

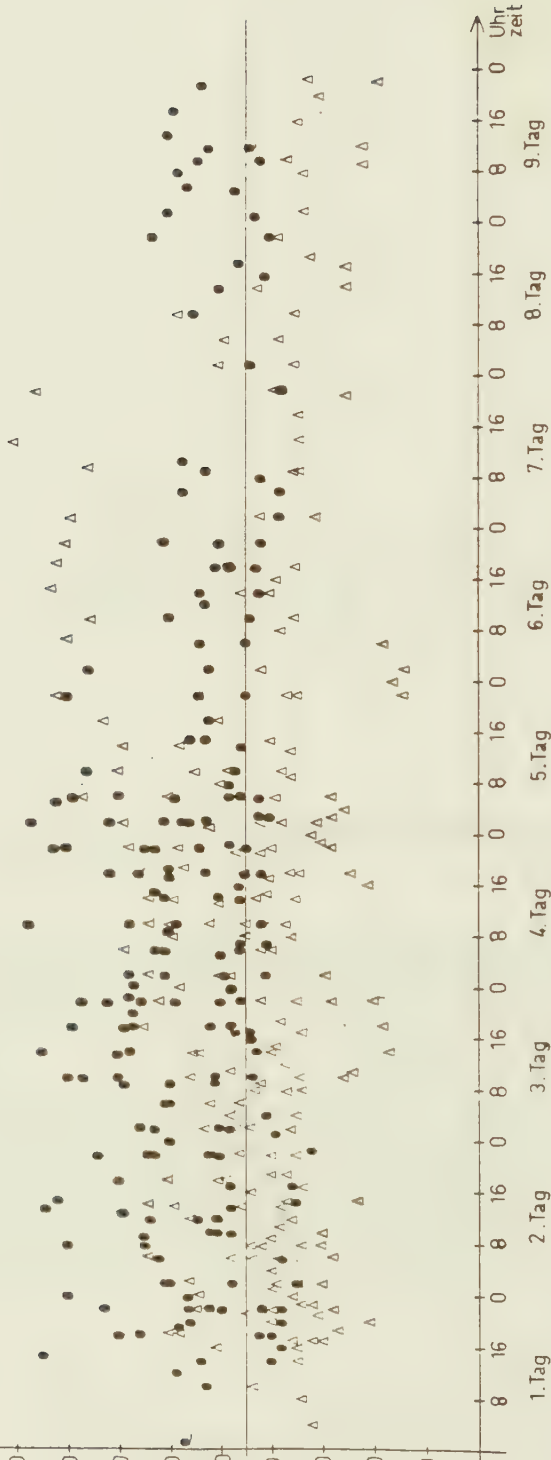


Abb. 6 Einzelwerte der Compliance von jeweils 10 zufällig ausgewählten Patienten bei Aufteilung in 2 Gruppen hinsichtlich der Letalität.

Gruppe I (Δ) = Verstorbene

Gruppe II (●) = Überlebende

3.2. Gruppenzuordnung nach Grundleiden

Die 62 Patienten ließen sich in vier Hauptgruppen gliedern, geordnet nach den Erkrankungen, die direkt eine Respiratorbehandlung notwendig machten (Tab.1). Gruppe A mit pulmonalen Erkrankungen wie Aspirationspneumonien (zumeist bedingt durch Operationen oder Intoxikationen), primären Pneumonien, Fibrosen, Bronchial-Carcinom u.a., Gruppe B mit abdominalen Ursachen wie hämorrhagisch-nekrotisierender Pankreatitis und großen abdominalen Operationen, Gruppe C mit kardialen Erkrankungen wie Herzinfarkt, dekompensierte Herzinsuffizienz, kardial bedingtem Lungenödem etc., Gruppe D mit neurologischen Ausfällen bedingt durch Erkrankungen wie Enzephalitis, hypoxischer Hirnschaden, Stoffwechselkomata etc. Auch bei dieser Einteilung der Patienten ergibt sich eine deutliche Trennung der Verlaufskurven lediglich für die Compliance (Abb.7), wobei die Patienten der Gruppe B (abdominelle Ursachen) im Verlauf der ersten 5 Tage zwar einen leichten Anstieg der Compliance aufweisen, der sich jedoch hauptsächlich unter der Grenzlinie bei 45 ml/cm H₂O bewegt. Gruppe C (kardiale Grundleiden) liegt mit ihren Werten im gesamten Verlauf über 45 ml/cm H₂O, hat aber noch deutlich niedrigere Werte als Gruppe D (neurol. Grundleiden).

Während die Kurven dieser drei Gruppen nur geringfügige Veränderungen im Verlauf zeigen,

ist bei Gruppe A (pulmonale Ursachen) ein deutlicher Anstieg der Compliance ab dem 4. Tag zu beobachten. Die größte Zahl der Patienten mit stets niedriger C_{tot} wird somit durch die abdominellen Erkrankungen mit der zugleich schlechtesten Prognose bestimmt.

Die in gleicher Weise ausgearbeiteten Kurven der Blutgaspartialdrucke PaO_2 (Abb.8) und $PaCO_2$ (Abb.9) zeigen keine so deutliche Trennung auf und bewegen sich überwiegend im Normbereich.

Tab.1: Gruppenzuordnung nach Grundleiden

<u>Gruppe A</u>	<u>pulmonale Grundleiden</u>	<u>gesamt 30</u>
davon	Aspirationspneumonien	18
	primäre Pneumonien	2
	Lungenfibrosen	3
	tox. Lungenödem	1
	Bronchial-Carcinom	1
	status asthmaticus	1
	Lungenembolien	2
	kavernöse Tbc	1
	hämorrh. Bronchitis	1
<u>Gruppe B</u>	<u>abdominelle Grundleiden</u>	<u>gesamt 18</u>
davon	hämorrh.-nekrotisierende Pankreatitis	12
	große abdominelle OP	5
	Lebercirrhose, hepato- renales Syndrom	1
<u>Gruppe C</u>	<u>kardiale Grundleiden</u>	<u>gesamt 9</u>
davon	Herzinfarkt	3
	dekomp. Herzinsuffizienz	6
<u>Gruppe D</u>	<u>neurologische Grundleiden</u>	<u>gesamt 5</u>
davon	Alkoholintoxikation	1
	amyotrophe Lateralsklerose	1
	Polyneuroradikulitis (Guillain-Barré)	1
	hypox. Hirnschaden	1
	Enzephalitis	1

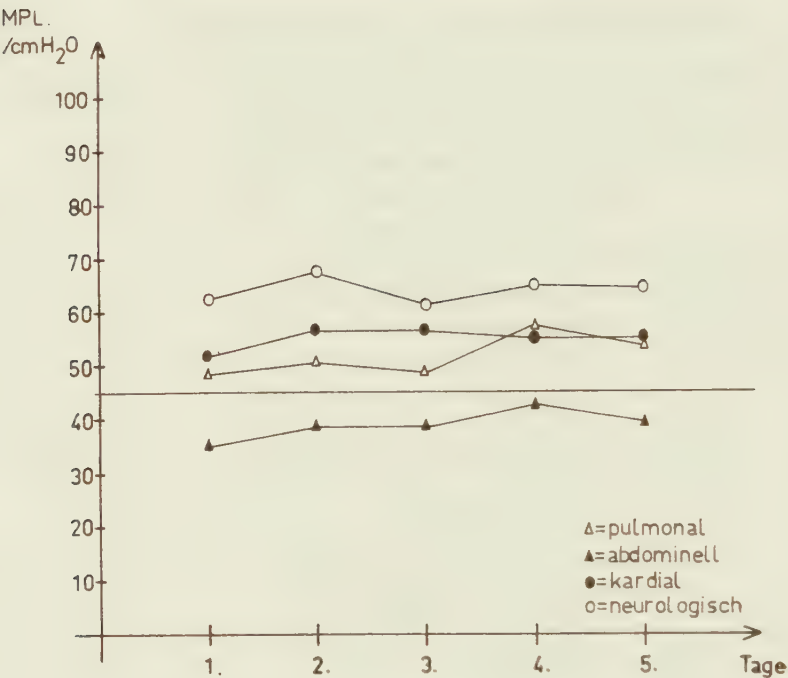


Abb.7 Medianwerte der interpolierten Tageswerte der Compliance aller Patienten, aufgeteilt in 4 hinsichtlich der Grundleiden gebildete Gruppen.

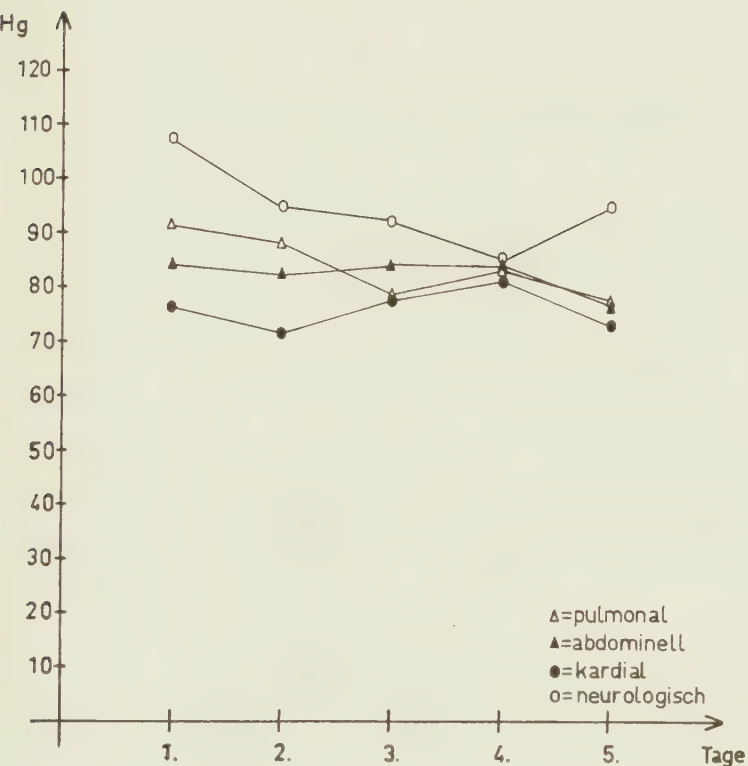
Gruppe A(△) = pulmonale Grundleiden (n=30, Let. 27%)

Gruppe B(▲) = abdominelle Grundleiden (n=18, Let. 72%)

Gruppe C(●) = kardiale Grundleiden

Gruppe D(o) = neurologische Grundleiden

Gruppe	1.Tag	2.Tag	3.Tag	4.Tag	5.Tag
A(△)n= 30	48,2 ⁺ 9,3 - 8,9	50,6 ⁺ 10,4 - 9,9	48,8 ⁺ 16,2 - 8,2	57,7 ⁺ 11,6 - 17,1	53,6 ⁺ 19,1 - 13,1
B(▲)n= 18	35,0 ⁺ 4,0 - 4,0	38,7 ⁺ 8,3 - 5,1	38,7 ⁺ 8,3 - 5,1	42,8 ⁺ 5,5 - 9,5	39,2 ⁺ 12,1 - 6,1
C(●)n= 9	51,6 ⁺ 7,4 - 7,4	56,2 ⁺ 11,3 - 5,2	56,2 ⁺ 7,5 - 5,2	55,0 ⁺ 4,0 - 4,0	55,0 ⁺ 11,1 - 15,1
D(o)n= 5	62,5 ⁺ 6,2 - 10,0	67,5 ⁺ 6,2 - 6,2	61,3 ⁺ 3,7 - 18,8	65,0 ⁺ 8,7 - 12,5	64,9 ⁺ 11,1 - 11,1



.8 Medianwerte der interpolierten Tageswerte des PaO_2 aller Patienten, aufgeteilt in 4 hinsichtlich der Grunderkrankungen gebildete Gruppen.

Gruppe A (Δ) = pulmonale Grunderkrankungen (n=30, Let. 27%)
 Gruppe B ($\blacktriangle$) = abdominale Grunderkrankungen (n=18, Let. 72%)
 Gruppe C ($\bullet$) = kardiale Grunderkrankungen
 Gruppe D ($\circ$) = neurologische Grunderkrankungen

Gruppe	1. Tag	2. Tag	3. Tag	4. Tag	5. Tag
A (Δ) n= 30	91,4 ^{+13,6} _{-17,6}	88,1 ^{+11,1} _{-9,3}	79,0 ^{+8,2} _{-6,5}	83,5 ^{+8,4} _{-7,7}	78,0 ^{+10,3} _{-6,7}
B ($\blacktriangle$) n= 18	84,3 ^{+8,2} _{-9,3}	82,5 ^{+12,5} _{-8,3}	84,3 ^{+8,2} _{-9,3}	84,0 ^{+25,0} _{-9,0}	77,8 ^{+7,8} _{-4,6}
C ($\bullet$) n= 9	76,2 ^{+11,3} _{-5,2}	71,2 ^{+5,2} _{-5,6}	78,7 ^{+10,0} _{-5,1}	81,6 ^{+7,4} _{-15,3}	73,3 ^{+16,7} _{-8,3}
D ($\circ$) n= 5	107,5 ^{+16,2} _{-5,8}	95,0 ^{+12,5} _{-22,5}	92,5 ^{+5,8} _{-22,5}	85,0 ^{+3,3} _{-3,3}	95,0 ^{+12,5} _{-12,5}

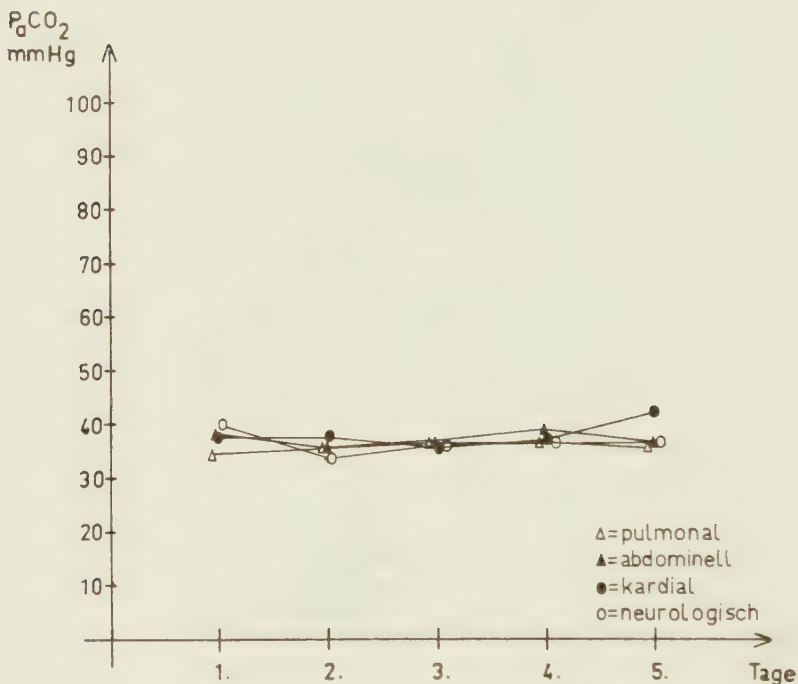


Abb.9 Medianwerte der interpolierten Tageswerte des PaCO_2 aller Patienten, aufgeteilt in 4 hinsichtlich der Grundleiden gebildete Gruppen.

Gruppe A (Δ) = pulmonale Grundleiden (n=30, Let. 27%)
 Gruppe B (▲) = abdominelle Grundleiden (n=18, Let. 72%)
 Gruppe C (●) = kardiale Grundleiden
 Gruppe D (○) = neurologische Grundleiden

Gruppe	1.Tag	2.Tag	3.Tag	4.Tag	5.Tag
A (Δ) n = 30	34,5 ⁺ 1,7 2,0	35,7 ⁺ 2,6 1,9	36,5 ⁺ 2,9 1,5	36,6 ⁺ 3,1 1,6	35,8 ⁺
B (▲) n = 18	38,0 ⁺ 6,2 3,6	35,7 ⁺ 1,8 1,3	36,4 ⁺ 2,6 1,4	38,8 ⁺ 5,5 3,8	36,2 ⁺
C (●) n = 9	37,5 ⁺ 6,2 2,5	37,5 ⁺ 5,0 2,5	35,6 ⁺ 0,8 0,6	37,0 ⁺ 5,5 3,4	42,0 ⁺
D (○) n = 5	40,0 ⁺ 5,0 3,7	33,7 ⁺ 1,3 2,0	36,2 ⁺ 2,1 1,2	36,2 ⁺ 2,1 1,2	36,2 ⁺

3.3. Gruppenzuordnung in Hinsicht auf den Compliance-Bereich

Bei der Auswertung der ausgehend von der Letalität gebildeten Gruppen zeigte sich eine Grenzlinie der Compliance bei einem Wert von 45 ml/cm H₂O (Abb.5). Nun stellt sich die Frage, inwieweit dieser Wert tatsächlich eine signifikante Trennung der Patienten hinsichtlich der Prognose darstellt und dabei eine eindeutigere Aussage im Vergleich zu den bisherigen beobachteten klinischen und respiratorischen Daten zuläßt. Es ließen sich vier Gruppen bilden, wobei neun Patienten nicht eindeutig zu diesen Gruppen zuzuordnen waren und daher in diese Betrachtung nicht weiter eingingen.

Gruppe I enthielt die Patienten, deren Compliance, abgesehen von vereinzelten Schwankungen, ständig in dem Bereich über 45 ml/cm H₂O lagen, Gruppe II die Patienten, deren Werte sich unterhalb dieser Linie bewegten (Abb.10). Gruppe III und Gruppe IV enthielten Patienten, deren Compliance sich im Verlauf diagonal zur Grenzlinie veränderte (Abb.11,12), und zwar bei Gruppe III von Werten über 45 ml/cm H₂O auf Werte darunter, während dies sich bei den Patienten der Gruppe IV umgekehrt verhielt. Da diesen beiden letzten Gruppen jedoch nur sehr wenige Patienten zuzuordnen waren (Gruppe III mit 4 Patienten, Gruppe IV mit 7 Patienten), wird auf eine statistische Auswertung dieser

kleinen Gruppen verzichtet und ihre Daten werden nur beschrieben (Tab.3).

Von den 53 Patienten, die für diese Gruppeneinteilung verfügbar waren, entfielen 23 Patienten auf Gruppe I (Bereich über 45 ml/cm H₂O) und 19 Patienten auf Gruppe II (Bereich unter 45 ml/cm H₂O) (Tab.2). Die beiden Gruppen waren in ihrem Grundleiden vergleichbar hinsichtlich kardialer und neurologischer Ursachen, zeigten jedoch, daß die pulmonalen Erkrankungen wesentlich häufiger in Gruppe I zu beobachten waren, während die abdominellen Krankheitsbilder gehäuft in Gruppe II auftraten ($p < 0,05$). Die Werte der inspiratorischen Sauerstoffkonzentration bewegten sich bei Gruppe I in einem Bereich zwischen Raumluft (0,21) und 0,6 und bei Gruppe II im Bereich zwischen Raumluft und 0,85. Die radiologischen Veränderungen sowie das Verhalten des PaO₂ und PaCO₂, ebenso die verschiedenen PEEP-Bereiche, waren bei beiden Gruppen gleich verteilt. Dagegen hatten die Patienten der Gruppe II signifikant häufiger einen gemessenen zentralen Venendruck von mehr als 12 cm H₂O ($p < 0,05$). Bei einer Gesamtletalität von 47% verstarben in Gruppe I 7 von 23 Patienten (30%) und in Gruppe II 12 von 19 Patienten (63%). Es zeigte sich ein signifikanter Unterschied der Letalitätsraten beider Gruppen ($p < 0,05$). Gruppe III und IV (Tab.3) verhielten sich gleichermaßen bezüglich der Verteilung auf die Grundleiden und des Verhaltens von PaO₂ und PaCO₂. Ein auffälliger Unter-

schied war bei der Letalität zu beobachten; in Gruppe III (im Verlauf unter 45 ml/cm H₂O abfallende Compliance) verstarben 3 der 4 Patienten und in Gruppe IV (im Verlauf über 45 ml/cm H₂O ansteigende Compliance) lediglich 2 von 7 Patienten. Radiologische Veränderungen waren bei allen Patienten der Gruppe III zu beobachten und bei 5 der 7 Patienten aus Gruppe IV.

Beim graphischen Vergleich der bezüglich des Compliance-Bereiches gebildeten Gruppen I und II (Abb.13) in Hinsicht auf die Beatmungsparameter Atemminutenvolumen (Abb.14) und Atemfrequenz (Abb.15) waren keine wesentlichen Unterschiede zu beobachten, wenn auch die Patienten der Gruppe II in der Mehrzahl der Fälle mit etwas höherer Atemfrequenz und geringfügig niedrigerem Atemminutenvolumen beatmet wurden als die Patienten der Gruppe I.

Tab.2: Klinische Daten der hinsichtlich der C_{tot}
zugeordneten Gruppen

Klinische und re- spiratorische Daten	Gruppe I (Bereich stets über 45ml/cm H ₂ O)	Gruppe II (Bereich stets unter 45ml/cm H ₂ O)	Signifi (χ^2 - T
Gesamtzahl Patienten (n)	23	19	
Grundleiden (Tab.1) (n)			
Gruppe A=pulm. (n)	14	7	p < 0,0
Gruppe B=abd. (n)	2	11	p < 0,0
Gruppe C=kard. (n)	4	1	n. s.*
Gruppe D=neurol. (n)	3	0	n. s.
radiologische Ver- änderungen insge- samt (n)	11	10	n. s.
davon initial + (n)	4	0	
initial - (n)	1	1	
immer + (n)	6	9	
ZVD > 12 cm H ₂ O (n)	3	11	p < 0,0
Letalität (n)	7	12	p < 0,0
PaO ₂ ≤ 60mm Hg (n)	1	3	n. s.
PaCO ₂ ≤ 35, ≥ 45mm Hg (n)	6	10	n. s.
PEEP-Bereich			
0-4cm H ₂ O (n)	20	15	n. s.
0-6cm H ₂ O (n)	3	4	n. s.
FiO ₂ -Bereich	RL-0,6	RL-0,85	

*nicht signifikant: p > 0,05

Tab.3: Klinische Daten der hinsichtlich der C_{tot}
zugeordneten Gruppen

Klinische und re- spiratorische Daten		Gruppe III (im Verlauf unter 45ml/cm H ₂ O ab- fallend)	Gruppe IV (im Verlauf über 45ml/cm H ₂ O ansteigend)
Gesamtzahl Patienten	(n)	4	7
Grundleiden (Tab.1)			
Gruppe A=pulm.	(n)	2	3
Gruppe B=abd.	(n)	-	2
Gruppe C=kard.	(n)	2	1
Gruppe D=neurol.	(n)	-	1
radiologische Ver- änderungen insges.	(n)	4	5
davon initial +	(n)	1	1
initial -	(n)	1	1
immer +	(n)	2	3
Letalität	(n)	3	2
PaO ₂ ≤ 60 mm Hg	(n)	2	1
PaCO ₂ ≤ 35, ≥ 45 mm Hg	(n)	2	1

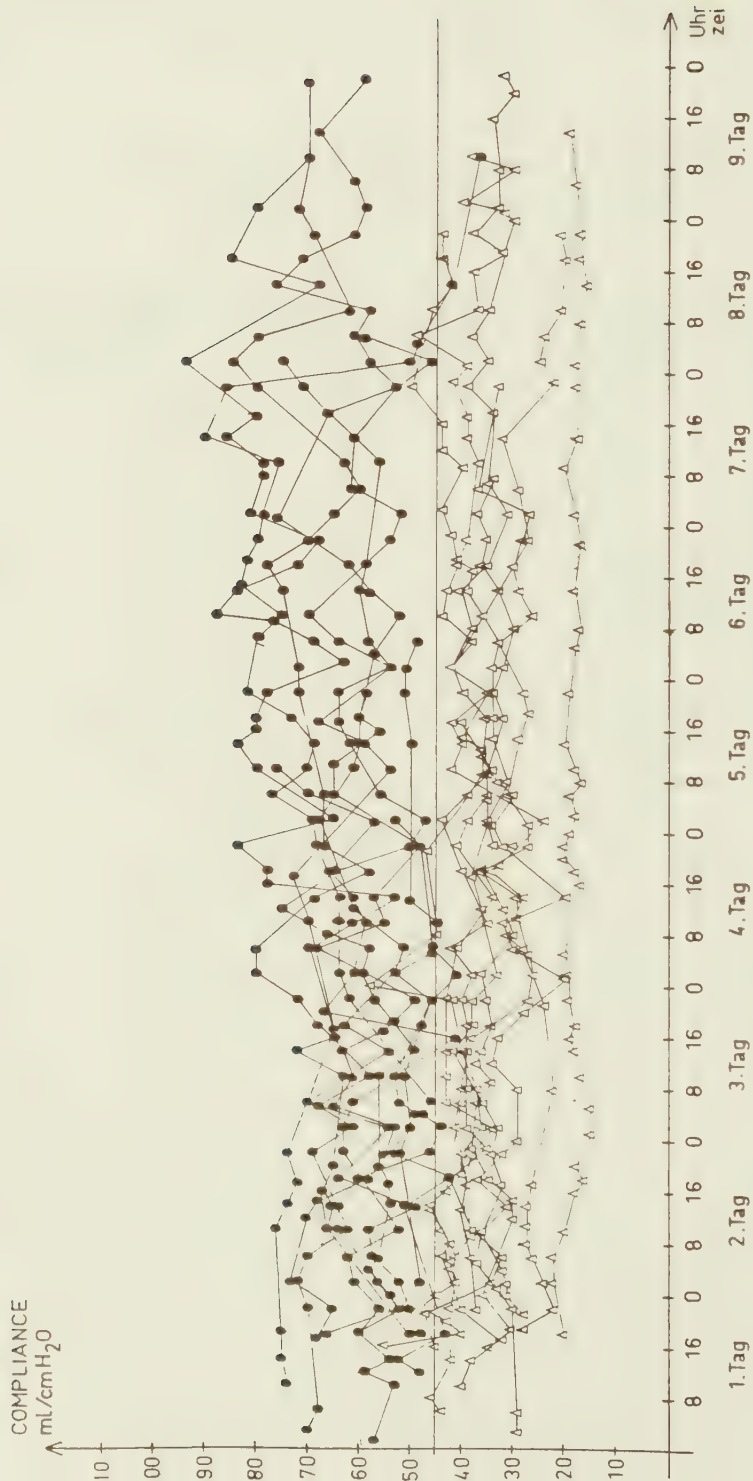


Abb. 10 Einzelverlaufskurven der Compliance von jeweils 10 zufällig ausgewählten Patienten bei Aufteilung in Gruppen hinsichtlich des Compliance-Bereiches.

Gruppe I (●) = ständig über 45 ml/cm H₂O

Gruppe II (Δ) = ständig unter 45 ml/cm H₂O

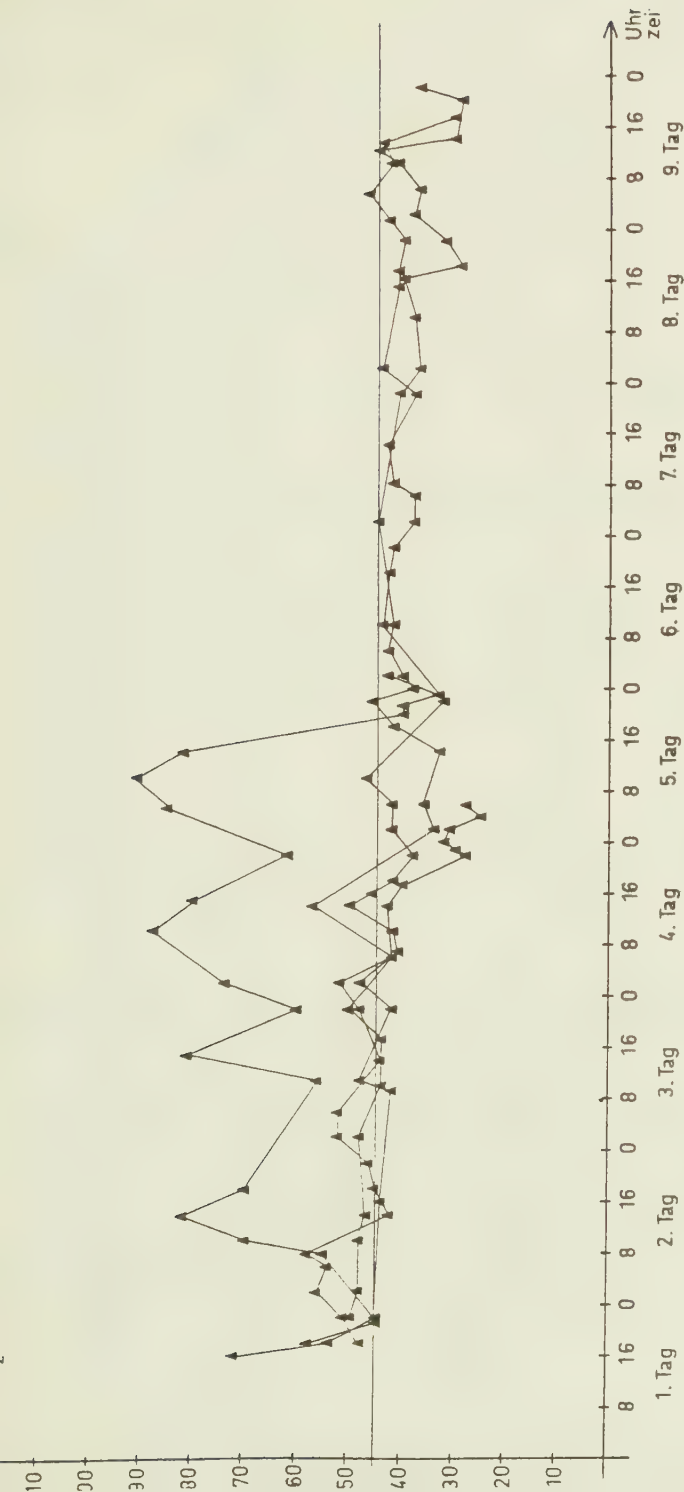


Abb. 11 Einzelverlaufskurven der Compliance der 4 Patienten von Gruppe III (▲ = initial über 45 ml/cm H₂O, dann abfallend) bei Aufteilung in Gruppen hinsichtlich des Compliance-Bereiches.

COMPLIANCE
 Δ ml/cm H_2O

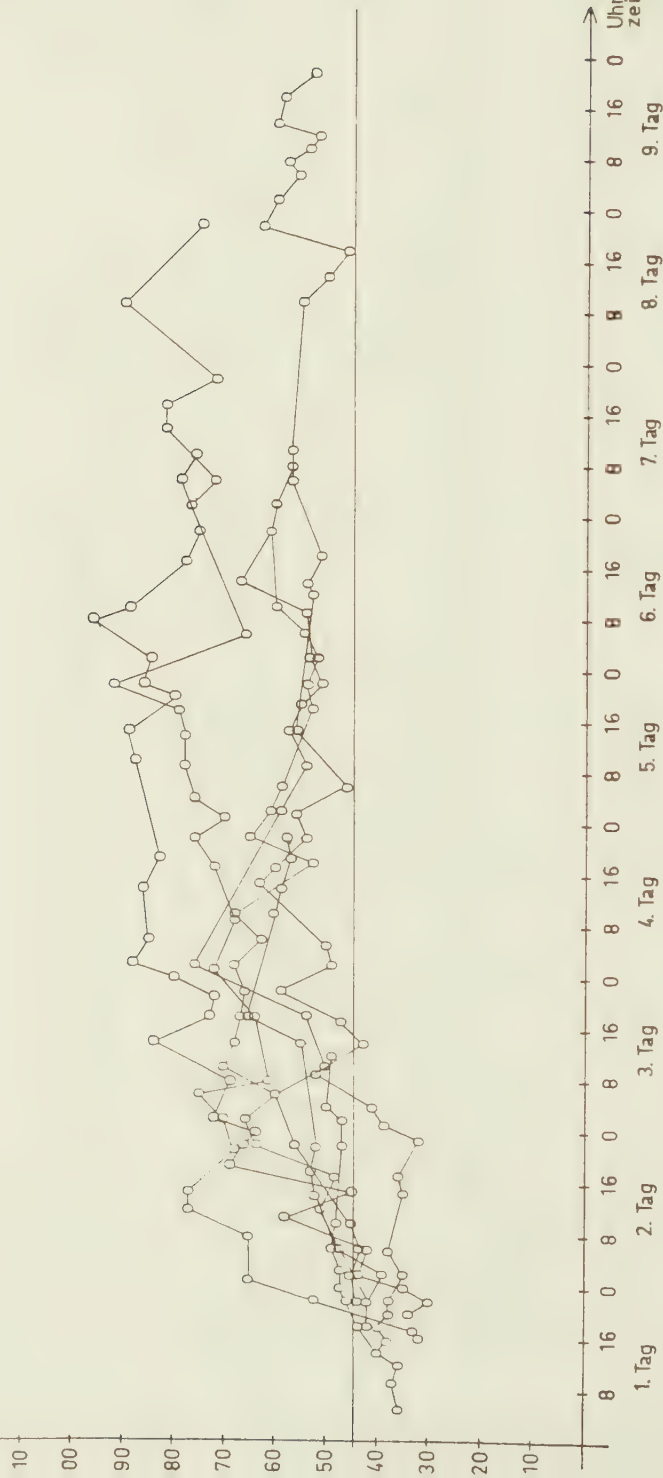
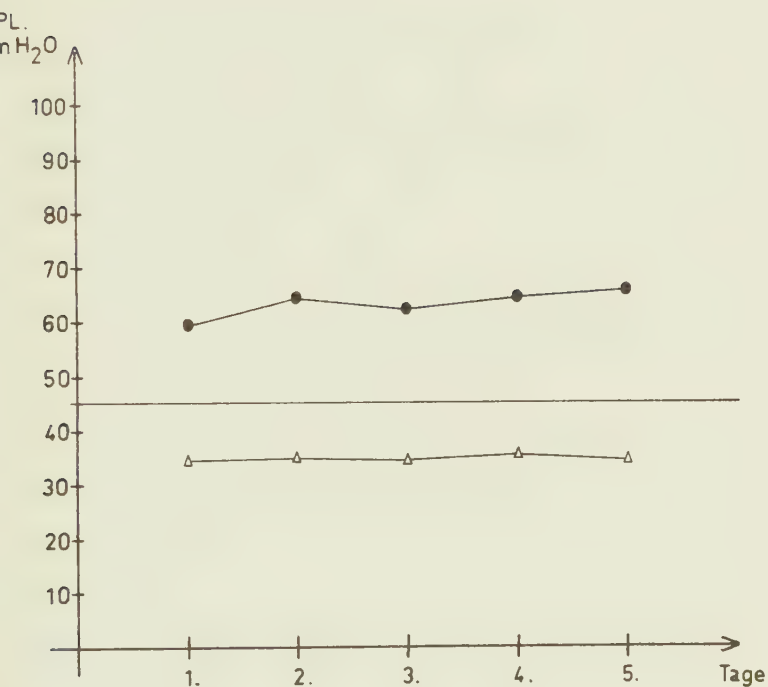


Abb. 12 Einzelverlaufskurven der Compliance der 7 Patienten von Gruppe IV (o = initial unter 45 ml/cm H_2O , dann ansteigend) bei Aufteilung in Gruppen hinsichtlich des Compliance-Bereiches.



0.13 Medianwerte der interpolierten Tageswerte der Compliance der hinsichtlich der Compliance-Bereiche zugeordneten Patienten.

Gruppe I(●) = Bereich stets über 45ml/cm H₂O (n=23, Let. 30%)
 Gruppe II(Δ) = Bereich stets unter 45ml/cm H₂O (n=19, Let. 63%)

Gruppe	1.Tag	2.Tag	3.Tag	4.Tag	5.Tag
I(●)n= 23	59,5 ⁺ 6,6 5,5 ₋	64,4 ⁺ 5,9 6,2 ₋	62,5 ⁺ 7,9 7,9 ₋	64,9 ⁺ 5,5 5,4 ₋	66,0 ⁺ 6,5 5,2 ₋
II(Δ)n= 19	34,5 ⁺ 4,1 5,0 ₋	35,0 ⁺ 2,3 2,3 ₋	34,6 ⁺ 2,7 3,2 ₋	35,5 ⁺ 5,5 4,5 ₋	34,6 ⁺ 1,9 2,3 ₋

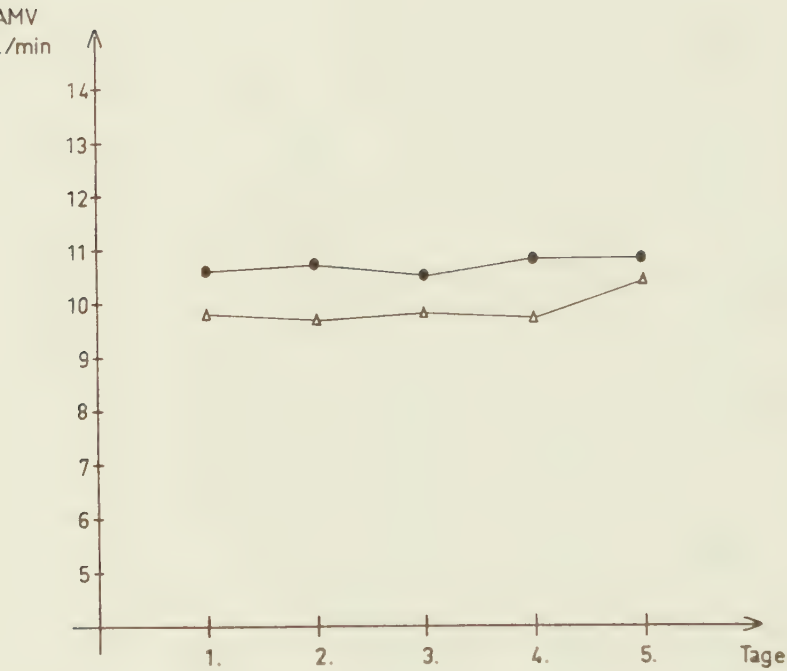
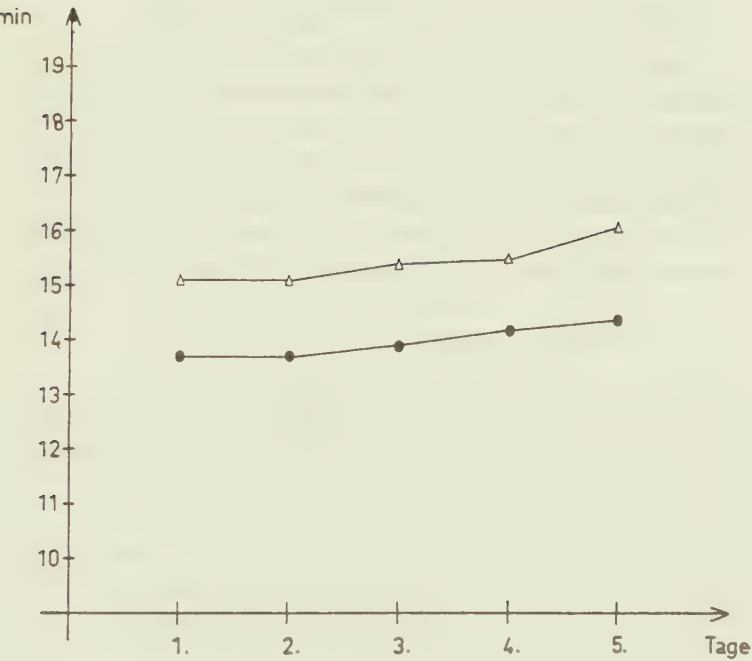


Abb.14 Medianwerte der interpolierten Tageswerte des Atemminutenvolumens der hinsichtlich der Compliance-Bereiche zugeordneten Patienten.

Gruppe I (●) = Bereich stets über 45ml/cm H₂O (n=23, Let. 30%)
 Gruppe II (Δ) = Bereich stets unter 45ml/cm H₂O (n=19, Let. 63%)

Gruppe	1.Tag	2.Tag	3.Tag	4.Tag	5.Tag
I (●) n= 23	10,6 ⁺ 0,7 - 0,9	10,7 ⁺ 0,6 - 0,9	10,5 ⁺ 0,5 - 0,8	10,8 ⁺ 1,2 - 1,0	10,8 ⁺ 0 - 1
II (Δ) n= 19	9,8 ⁺ 2,2 - 0,7	9,7 ⁺ 1,4 - 0,9	9,8 ⁺ 1,5 - 0,9	9,7 ⁺ 1,5 - 1,2	10,4 ⁺ 1 - 1



15 Medianwerte der interpolierten Tageswerte der Atemfrequenz der hinsichtlich der Compliance-Bereiche zugeordneten Patienten.

Gruppe I (●) = Bereich stets über 45ml/cm H₂O (n=23, Let. 30%)
 Gruppe II (Δ) = Bereich stets unter 45ml/cm H₂O (n=19, Let. 63%)

Gruppe	1.Tag	2.Tag	3.Tag	4.Tag	5.Tag
I (●) n= 23	13,7 ⁺ 0,8 13,7 ⁻ 0,8	13,7 ⁺ 0,7 13,7 ⁻ 0,6	13,9 ⁺ 0,8 13,9 ⁻ 0,5	14,2 ⁺ 0,4 14,2 ⁻ 0,5	14,4 ⁺ 0,5 14,4 ⁻ 0,6
II (Δ) n= 19	15,1 ⁺ 1,2 15,1 ⁻ 1,2	15,1 ⁺ 0,5 15,1 ⁻ 0,9	15,4 ⁺ 1,0 15,4 ⁻ 1,2	15,5 ⁺ 1,0 15,5 ⁻ 1,2	16,1 ⁺ 0,7 16,1 ⁻ 1,5

4. INTERPRETATION UND DISKUSSION

Die vorliegende Untersuchung der 62 langzeitbeatmeten Patienten mit akuter respiratorischer Insuffizienz bei schweren Intoxikationen, Pankreatitiden, Traumen und Operationen, primären Pneumonien und Herz-Kreislauf-Versagen zeigt deutliche Unterschiede im Verhalten der Compliance in Abhängigkeit von Art und Verlauf der Krankheit.

4.1. Letalität

Bei den hinsichtlich der Letalität gebildeten Gruppen ergibt sich eine eindeutige Trennung der beiden Compliance-Verlaufskurven, wobei zu erkennen ist, daß sich die Compliance der verstorbenen Patienten bei Beobachtung der ersten 5 Tage kaum über die bei 45 ml/cm H₂O gezogene Linie bewegt, während die Werte der überlebenden Patienten deutlich darüber liegen (Abb.5). Dies läßt sich darauf zurückführen, daß es bei den letzteren Patienten offensichtlich gelungen ist, den pathophysiologischen Ablauf der respiratorischen Insuffizienz (5,19) zu stoppen und die pathologische Alveolarmechanik weitgehend zu normalisieren, was sich lungenfunktionell in deutlich höheren Werten der Compliance manifestiert. Bei den verstorbenen Patienten muß man dagegen davon ausgehen, daß die Schädigung der Surfactant-Funktion mit nachfolgendem Alveolenkollaps bereits zu einem erhöhten Retraktionsdruck der Lunge geführt hat, der in den erheblich abgefallenen Compliance-Werten zum Ausdruck kommt (6,7,15).

Die in gleicher Weise dargestellten Kurven des PaO_2 (Abb.3) und PaCO_2 (Abb.4) zeigen nur geringfügige Unterschiede bezüglich der beiden Gruppen. Ein wesentlicher Grund dafür ist, daß die Blutgase durch spezielle therapeutische Beeinflussung möglichst im Normbereich gehalten wurden, während die gemessene Compliance nicht für therapeutische Entscheidungen herangezogen wurde. Vielmehr wurden die Compliancewerte im Verlauf dieser Studie nur beobachtet und registriert, um einen Einblick in die Wertigkeit der Meßmethode zu erhalten. Aufgrund unserer Ergebnisse scheint es jedoch gerechtfertigt, in Zukunft die mit der angewendeten Methode gemessenen Compliancewerte auch für die Beatmungsführung heranzuziehen mit dem Ziel, das Beatmungsmuster derart zu gestalten, daß die gemessene Compliance über 45 ml/cm H_2O ansteigt. Ob dadurch der Verlauf der Erkrankung auch definitiv gebessert werden kann, läßt sich anhand dieser Untersuchungen selbstverständlich nicht voraussagen.

4.2. Grundleiden

Ähnliche Ergebnisse finden sich auch bei der Untersuchung der 4 Patientengruppen, die hinsichtlich der Grundleiden gebildet wurden (Tab.1). Auch hier weisen PaO_2 (Abb.8) und PaCO_2 (Abb.9) keine klare Trennung dieser Gruppen auf, sondern bleiben mit ihren Werten aus oben erwähnten Gründen im Normbereich. Deutliche Unterschiede

lassen sich dagegen im Compliance-Verlauf beobachten (Abb.7):

Pulmonale Grundleiden ergeben einen sichtbaren Anstieg der Kurve, der sich durch den Verlauf der Aspirationspneumonie begünstigenden Einfluß der Respiratortherapie erklären läßt, da die Patienten mit diesem Krankheitsbild 60% der Gruppe ausmachen und somit maßgeblich die Kurve prägen.

Patienten mit abdominellen Erkrankungen zeigen Werte, die überwiegend unter der Grenze von 45 ml/cm H₂O liegen, da es bei diesen Patienten auf dem Boden großer Traumen bzw. Ausstreuung toxischer Enzyme leicht zur Entwicklung eines ARDS kommt, was zusammen mit dem bei abdominellen Grundleiden häufig zu beobachtenden Zwechfellhochstand zu verminderten Werten der Compliance führt (28).

Bei neurologischen Grundleiden liegen die Compliance-Werte im gesamten Verlauf am höchsten, da hier die Notwendigkeit der Respiratortherapie zumeist zentralnervösen Ursprunges ist und somit die Patienten keinerlei direkte Veränderungen an der Lunge aufweisen, die die Compliance beeinträchtigen könnten. Im Unterschied dazu zeigt die Verlaufskurve der Gruppe kardialer Grundleiden niedrigere Werte, da bei den meisten Patienten dieser Gruppe klinische und radiologische Veränderungen im Sinne eines Lungenödems gefunden werden können.

4.3. Compliance

Um nun den Stellenwert des festgelegten Grenzwertes der Compliance bei 45 ml/cm H₂O genauer zu untersuchen, wurden 4 Gruppen gebildet, die sich hinsichtlich ihres Compliance-Verlaufs unterschieden (Abb.10,11,12). Gruppe I enthält Patienten, deren Compliance-Werte stets im Bereich über 45 ml/cm H₂O lagen, Gruppe II Patienten mit Compliance-Werten, die stets unterhalb dieser Grenze blieben. Bei den Patienten der Gruppe III veränderte sich die Compliance im Verlauf von Werten über 45 ml/cm H₂O auf Werte darunter, während die Patienten der Gruppe IV den umgekehrten Verlauf zeigten. Den Gruppen III und IV (Tab.3) waren allerdings nur wenig Patienten zuzuordnen, sodaß auf eine statistische Auswertung verzichtet wurde. Es stellt sich heraus, daß sich die Gruppen I und II hinsichtlich radiologischer Veränderungen und respiratorischer Parameter wie PaO₂, PaCO₂ und des PEEP-Bereiches statistisch nicht signifikant voneinander unterscheiden (Tab.2), was wieder zurückzuführen ist auf die starke therapeutische Beeinflussung dieser Kenngrößen. Auch der graphische Vergleich der respiratorischen Daten Atemminutenvolumen (Abb.14) und Atemfrequenz (Abb.15) läßt - verglichen mit der Compliance (Abb.13) - bei beiden Gruppen nur geringfügige Abweichungen erkennen. Beide Gruppen sind somit bezüglich der Beatmungsmethodik vergleichbar. Dagegen liefert die Untersuchung der beiden

Gruppen im Hinblick auf die Verteilung der Grundleiden in die vier gebildeten Hauptgruppen (Tab.1) sowie bezüglich des zentralen Venendruckes und der Letalität signifikante Unterschiede.

Gruppe II ließen sich im Vergleich zu Gruppe I wesentlich mehr Patienten der Krankheitsgruppe mit abdominellen Grundleiden zuordnen und sehr viel weniger der Krankheitsgruppe mit pulmonalen Erkrankungen. Dies weist wiederum darauf hin, daß die Patienten mit abdominellen Erkrankungen erheblich mehr gefährdet sind bezüglich der Entwicklung eines ARDS mit Bildung irreversibler Schädigungen der Alveolarmechanik in Form von alveolären Atelektasen und interstitiellem Ödem (5,20). Das nachfolgend gestörte Ventilations-/Perfusionsverhältnis führt schließlich zu einer Zunahme des Shuntvolumens und des pulmonalen Gefäßwiderstandes (14,30), was ebenfalls die signifikant höhere Letalitätsrate der Gruppe II und die bei diesen Patienten häufiger beobachteten teilweise extrem erhöhten Werte des zentralen Venendruckes begründet.

Die erst spät einsetzende klinische Symptomatik des ARDS erschwert die Diagnose und den Einsatz einer frühzeitigen Therapie, mit deren Hilfe durch Normalisierung der erniedrigten funktionellen Residualkapazität und Compliance durch primäre PEEP-Beatmung bei gleichzeitiger Steigerung des Herzminutenvolumens rechtzeitig ein

verbesserter Sauerstofftransport erreicht werden könnte (4,21,27). Um nun die Nebenwirkungen, die bei höheren Werten des PEEP in Form von erneuter Verschlechterung der lungenfunktionellen und hämodynamischen Verhältnisse beobachtet werden (9,24), zu verhindern, bewährte sich die Festlegung eines "best PEEP", bei dem die optimalen Werte für Sauerstofftransport, Shuntvolumen, Herzminutenvolumen und Totraumquotient mit Hilfe der Compliance gefunden werden konnten (23). Auch waren in diesem Bereich die hämodynamischen Komplikationen durch Volumensubstitution und Katecholamingabe gut beherrschbar (8).

5. SCHLUSSFOLGERUNGEN

Aus den vorliegenden Untersuchungen kann gefolgert werden, daß bei Patienten mit akuter respiratorischer Insuffizienz bei schweren Intoxikationen, Pankreatitis, Traumen und Operationen, primären Pneumonien und Herz-Kreislauf-Versagen, die kontinuierliche Messung der Compliance als wichtige Kenngröße der Atemmechanik eine sinnvolle Ergänzung zu den bisher im Verlauf der Beatmung beobachteten respiratorischen Kontrolldaten darstellt. Dies vor allem auch dadurch, daß sie in einer nicht-invasiven Methode gemessen und dokumentiert werden kann und somit keinerlei zusätzliche Belastung für den Patienten bedeutet.

Da sie außerdem einen wichtigen Stellenwert in der Diagnose und Therapie des ARDS einnimmt, bietet sie die Möglichkeit, durch frühzeitiges Reagieren auf deutliche Veränderungen eine Verbesserung der Prognose dieses Krankheitsbildes herbeizuführen.

6. LITERATURVERZEICHNIS

1. Anthonisen NR (1964) Changes in Shunt flow, Compliance and volume of lungs during apneic oxygenation. Amer J Physiol 207: 235-238
2. Ashbaugh DG, Petty TJ, Bigelow DB, Harris TM (1969) Continuous positive-pressure breathing (CPPV) in adult respiratory distress syndrome. J Thorac Cardiovasc Surg 57: 31-38
3. Ashbaugh DG (1972) Respiratory distress syndrome. Respiratory diseases. DHEW Publication No 73-432, pp 165-180, National Institute of Health.
4. Askanazi J, Wax SD, Neville JF, Hanson EL, Kane PB, Markarian B, Bredenberg CE, Webb WR (1978) Prevention of Pulmonary Insufficiency through prophylactic use of PEEP and rapid respiratory rates. J Thorac Cardiovasc Surg 75, 2: 267-272
5. Bachofen-Porchet M, Bachofen H (1973) Lungenveränderungen nach Trauma und Schock: das "respiratory distress syndrome" des Erwachsenen. Schweiz med Wschr 103: 1-8
6. Beckmann DL, Bean JW (1970) Pulmonary pressure-volume changes attending head injury. J Appl Physiol 29: 631-636
7. Beckmann DL, Bean JW, Baslock DR (1971) Symptomatic influence on lung compliance and surface forces in head injury. J Appl Physiol 30: 394-399

8. Benzer H, Haider W, Kundi M, Laczkovics A, Todt W (1977) Die Kombination von kontinuierlicher Überdruckbeatmung (PEEP) und Dopamin bei postkardiochirurgischen Patienten. Herz 2: 465-472
9. Caldini P, Leith JD, Brennan MJ (1975) Effect of continuous positive-pressure ventilation (CPPV) on edema formation in dog lung. J Appl Physiol 39: 672-679
10. Ernsting J (1958) The compliance of the human lungs during positive and negative pressure breathing. J Physiol, London 144: 14-16
11. Falke KJ, Pontoppidan H, Kumar A, Leith DE, Geffin B, Laver MB (1972) Ventilation with end-expiratory pressure in acute lung disease. J Clin Invest 51: 2315-2323
12. Faridy EE, Permutt S, Riley RS (1966) Effect of ventilation on surface forces in excised dogs' lungs. J Appl Physiol 21: 1453-1462
13. Forrest JB (1970) The effect of Hyperventilation on the size and shape of alveoli. Brit J Anaesth 42: 810-817
14. Jardin F, Gurdjian F, Foilladieu J1, Goudot B, Margairaz A (1979) Pulmonary and systemic haemodynamic disorders in the adult respiratory distress syndrome. Intens Care Med 5: 127-133
15. Landauer B, Tölle W (1978) Zur Bedeutung des Antiatelektasefaktors im Rahmen des posttraumatischen Geschehens. Intensivbehandlung Jg. 3 Nr 2: 59-67

16. Mc Clenahan JB, Urtnowski A (1967) Effect of ventilation on surfactant, and its turnover rate. J Appl Physiol 23: 215-220
17. Mittermayer Ch, Ostendorf P, Riede UN (1977) Pathologisch-anatomische Untersuchungen bei der respiratorischen Insuffizienz durch Schock. Intensivmed 14: 252-262
18. Perruchoud A, Kpp C, Herzog H (1977) Klinik und Therapie der Schocklunge. Intensivmed 14: 274-283
19. Petty TL, Ashbaugh DG (1971) The adult respiratory distress syndrome. Chest 60: 233-239
20. Riede UN, Mittermayer Ch, Horn R, Friedburg H, Sandritter W (1980) Funktionelle Pathologie der menschlichen Schocklunge. Med Welt 31: 491-501
21. Schölmerich P, Schuster HP, Bork R, Schuster CJ (1977) Pathophysiologische und klinische Begründung zur frühzeitigen kontinuierlichen Überdruckbeatmung bei Patienten mit aktuellem Lungenversagen. Tagung der Schutzkommission beim Bundesministerium des Inneren, Tübingen S. 65-72
22. Schulz V, Schnabel KH, Erdmann W (1975) Beatmung mit positivem end-expiratorischen Druck - funktionsdiagnostische Untersuchungen und klinische Erfahrungen. Intensivmed 12: 153-164
23. Suter PM, Fairley B, Isenberg MD (1975) Optimum end-expiratory airway pressure in patients with acute pulmonary failure. N Engl J Med 6: 284-289

24. Toungh TJK, Saharia P, Mitzner WA, Permutt S, Cameron JL (1978) The beneficial and harmful effects of PEEP. Surg Gynecol Obstet 147: 518-524
25. Tukey JW (1977) Exploratory Data Analysis. Addison Wesley Publishing Company, Reading, Mass.
26. Uzawa T, Ashbaugh DG (1969) Continuous positive pressure breathing in acute hemorrhagic pulmonary edema. J Appl Physiol 26: 427-432
27. Weilemann LS, Schuster HP, Schuster CJ, Rey Ch, Majdandzic J (1981) Verbesserung der Prognose bei Langzeitbeatmung durch frühzeitigen Einsatz von PEEP. Klin Wschr 59: 607-612
28. Wolff G (1979) Die respiratorische Insuffizienz in der Chirurgie. Schweiz med Wschr 109: 1552-1561
29. Young SL, Tierny DF, Clements JA (1970) Mechanism of compliance change in excised rat lungs at low transpulmonary pressure. J Appl Physiol 29: 780-785
30. Zapol WM, Snider MT (1977) Pulmonary hypertension in severe acute respiratory failure. N Engl J Med 296: 476-480

Danken möchte ich Herrn Professor
Dr. H.-P. Schuster für die freundliche
Überlassung dieses interessanten und
ergebnisreichen Themas sowie für seine
und Herrn Dr. L.S. Weilemanns ausführ-
lichen und freundschaftlichen Bemühun-
gen während der Betreuung dieser Arbeit.

Meiner Mutter, Frau H. Siegfried, danke
ich für ihre tatkräftige Unterstützung
beim Schreiben und Korrigieren.

L E B E N S L A U F

Ich, Susanne Siegfried wurde am 30. Dezember 1957 als drittes Kind von Dr. Werner Siegfried, Rechtsanwalt und Notar - verstorben am 30. Dezember 1969 - und Hildegund Siegfried, geb. Werner, in Frankfurt am Main geboren.

Ostern 1964 - Sommer 1967	Besuch der Engelbert-Humperdinck-Schule in Frankfurt am Main.
Sommer 1967 - Sommer 1973	Besuch des neusprachlichen Gymnasiums in Oberursel/Ts.
Sommer 1973 - Sommer 1974	Besuch des naturwissenschaftlichen Gymnasiums Liebig-Schule, Frankfurt am Main
Sommer 1974 - Mai 1976	Besuch des neusprachlichen Gymnasiums Elisabethen-Schule in Frankfurt am Main. Reifezeugnis dort am 20.5.1976 erhalten.
1.7.1976 - 30.9.1976	Krankenpflegepraktikum am St. Katharinenkrankenhaus in Frankfurt am Main.
4.10.1976 - 3.10.1977	Medizinstudium am Rijks-universitair Centrum Antwerpen, Belgien.
WS 77/78 - WS 81/82	Medizinstudium an der Universität Erlangen-Nürnberg
SS 82 - WS 83/84	Medizinstudium an der Johann Wolfgang Goethe-Universität Frankfurt am Main
12.4.1984	Erteilung der Approbation
1.6.1984	Beginn der ärztlichen Tätigkeit am St. Josefs-Hospital Wiesbaden.

